Transport Canada / Transports Canada
Development / Développement

TP 3900E

MM

Wave Climate Documentation Study

Summary Report

Prepared for the
Transportation
Development Centre
Transport Canada

August 1982

CA1
DTC 301
82
V11S
c.2

85-2722/

FOREWORD

Transport Canada is responsible for the development and implementation of strength standards and regulations for Canadian ships and floating structures. To fulfill this responsibility as new ships and structures are built and new routes are established, Transport Canada is improving its capability to define structural strength standards and regulations for ships and floating structures that are commensurate with the marine environment in which the vessel or structure will operate.

This study, which is an initial step in the development of the methodology for determining the strength of a ship or structure in a defined environment, documents available data that describe the wave and wind climate of Canadian and adjacent waters. It describes the availability of wind-wave hindcasting procedures and documents archived hindcast data. The report recommends formats for presenting wave and wind data that are suitable for future analyses of the response of ships and floating structures to waves and wind.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the information provided by Dr. J. R. Wilson of the Marine Environmental Data Service, Fisheries & Oceans Canada, the assistance provided by personnel of Transport Canada Ottawa, in particular Mr. T. G. W. Brown and Mr. W. Scott, and the support provided by Mr. E. Fisher of the Transportation Development Centre, Montreal.

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 3900E	4556	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Wave Climate Documentation Study	August 1982
	6. Performing Organization Report No.
7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
W.F. Baird, P. Eng and K.R. Hall, P. Eng	D 1460-140-2
9. Performing Organization Name and Address W.F. Baird & Associates 1390 Prince of Wales Drive Suite 309 Ottawa, Ontario K2C 3N6	10. DSS File No.
	11. DSS or Transport Canada Contract No. 4556
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre 1000 Sherbrooke St. W. Suite 2421 Montreal, Quebec H3A 2R3	13. Type of Report and Period Covered Summary, May-August 1982
	14. Sponsoring Agency Code
15. Supplementary Notes Summary of TP 3868 "Wave Climate Documentation Study"	16. TDC Project Officer E.T. Fisher

17. Abstract

The report summarizes the Wave Climate Documentation Study completed in 1982. This study provided a description of the available data describing the wind-generated wave climate and the wind climate of Canadian waters and other defined areas.

A summary of the archived data that were reviewed during the study is provided. These include instrument recordings, ship observations and the wave data hindcast using estimates of the over-water wind fields.

It is concluded that reliable and consistent wave data required for the assessment of ship strength by Canadian authorities can only be obtained, at present, using wind-wave prediction techniques. Existing Canadian capabilities for predicting wave data should be developed in order to provide these data in the future. Specific recommendations to assist in the development of an improved Canadian capability for predicting waves are presented.

Recommendations are also made concerning the development and implementation of procedures for assessing ship response to waves.

18. Key Words	19. Distribution Statement
Wave Wind Climate Wave Prediction, Forecasting Ship Response	Limited number of copies available from the sponsoring agency

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
unclassified	unclassified	14	-

TDC/CDT 79-005

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1 N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP 3900E	4556	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Wave Climate Documentation Study	août 1982
	6. N° du rapport de l'organisme exécutant
7 Auteur(s)	8. N° de dossier Transports Canada
W.F. Baird, P. Eng et K.R. Hall, P. Eng	D 1460-140-2
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant W.F. Baird & Associates 1390 Prince of Wales Drive Suite 309 Ottawa, Ontario K2C 3N6	10. N° de dossier — ASC
	11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada 4556
12. Nom et adresse de l'organisme parrain Centre de développement des transports 1000 o., rue Sherbrooke Suite 2421 Montréal, Québec H3A 2R3	13. Genre de rapport et période visée Sommaire, mai-août 1982
	14. Code de l'organisme parrain
15 Remarques additionnelles Sommaire de TP 3868 "Wave Climate Documentation Study"	16 Agent de projet — CDT E.T. Fisher

17 Résumé

Ce rapport résume l'étude du climat des vagues de vent, terminée en 1982. Cette étude comporte une description des données disponibles sur les facteurs climatiques que sont le vent et les vagues de vent dans les eaux canadiennes et dans quelques autres régions.

Le rapport contient également un résumé des données archivées analysées au cours de l'étude. Celles-ci comprennent des enregistrements aux instruments, des observations à partir de navires et des prévisions a posteriori sur les vagues, à partir des estimations de champ du vent au-dessus de l'eau.

En conclusion, le rapport indique que les données adéquates sur les vagues, nécessaires à l'évaluation de la résistance des navires par les autorités canadiennes, ne peuvent actuellement être obtenues qu'au moyen des techniques de prévision des vagues de vent. Les ressources canadiennes actuelles pour la prévision des vagues devraient être accrues afin que ces données soient disponibles à l'avenir, et des recommandations précises sont faites à cet égard.

Des recommandations sont également faites en ce qui a trait à l'élaboration et à l'application de méthodes d'évaluation de la réaction des navires aux vagues.

18. Mots-clés	19 Diffusion
Vague Climat de vent Prévision des vagues Réaction des navires	Le CDT dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
Non-classifié	Non-classifiée	14	-

CDT TDC 79-005

SYNOPSIS

This summary report introduces, summarizes, discusses and presents the conclusions of the Wave Climate Documentation Study, TP 3868 (T.D.C. Project 4556) completed during 1982 for the Transportation Development Centre, by W. F. Baird & Associates Coastal Engineers Ltd.

The main report, Wave Climate Documentation Study, report TP 3836, prepared for the Transportation Development Centre, provides a definitive description of available data describing the wave and wind climate of Canadian waters and other defined areas. These data include instrument recordings, ship observations and the results of wind-wave hindcasts. An extensive bibliography of technical reports describing these data is included.

Wind-wave hindcast procedures are discussed and details of the major hindcasts undertaken to provide data for the north-west Atlantic and the arctic are provided.

Procedures for calculating ship response to wave action are reviewed and the wave data requirements of the analysis procedures are summarized.

Recommendations are made concerning the future direction of studies required for the implementation of ship strength standards and regulations. It is recommended that a Canadian capability to hindcast waves be developed in co-operation with other government departments. It is also recommended that future standards and regulations concerning the strength of ships and floating structures be based on calculation of the stresses in a ship or floating structure produced by wave loadings.

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION 1

DISCUSSION 2

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS 4

INTRODUCTION

Transport Canada is responsible for implementing regulations concerning strength standards for ships and other floating structures. In order to meet this responsibility, procedures for relating the wave and wind climate of a defined area to strength requirements of ships travelling through the area, or a floating structure moored in this area, are continuously being developed and assessed.

In the past, approval of a specific route was largely based on the concept of a "successful ship" in a base service. A "successful ship" was a class of ship which experience had shown could withstand the environment of a given area without major structural problems. Approval of a new route for an existing ship was based on a comparison of the wave climate of the new area with the existing area of operation or base service.

This approach is not valid for new ships or floating structures for which a base service has not been established. Consequently, in recent years, the capability of calculating a ship's response to quasi-static and transient wave loads has been developed. Considerable success has been achieved in defining absolute values of stress and these new procedures are now being increasingly used in the design, classification and regulation of ships and are exclusively used for the design of floating structures. It can be expected that, in future, ship strength standards will be based on the calculation of the absolute value of stress resulting from the static and dynamic loadings that can be expected in a defined sea state, and not on relative comparisons of wave climates or ship strengths.

This study is a small part of a long term plan to develop a Canadian based technology to assist Transport Canada in assessing structural requirements for ships in any given wave and wind climate. The results of this assessment will play a major role in the designation and approval of shipping routes.

The development of the required technology will involve the following activities:

- the development of a capability of providing a detailed description of the wave climate of any area under study

- the use of numerical procedures for calculating a specific ship's response to a defined wave and wind environment

- the development of a capability of assessing the results of the ship response calculations and implementing applicable regulations for ship safety

Site specific studies of waves and ship response have been completed under contract in the past to assist Transport Canada with the implementation of strength standards and the approval of routes. A recent study of the Transportation Development Centre addressed the

different wave climates of the Gulf of St. Lawrence and Lake Superior and recommended variable increases in the strength requirement of lakers using the Gulf of St. Lawrence as a function of the anticipated operating season in the Gulf. The study was based on the concept of a "successful ship" in a base service.

This study has the objective of documenting available information describing the wave and wind climate of Canadian and other specified areas. These data will be required for the implementation of a general methodology for relating the marine environment of a given area to strength standards for ships making passage through that area and for floating structures required for the exploration and recovery of oil and gas.

The application of wind-wave hindcasting procedures in defining a continuous, long-term wave climate and the presentation of wave and wind data in a suitable format for ship response calculations are discussed.

Throughout this study, particular emphasis is given to the arctic regions of Canada and to an area off the east coast of Canada and the United States, extending to Kingston, Jamaica. This latter area is of concern because a bulk carrier is currently being built for trade to the Caribbean.

DISCUSSION

Wave Data

The following discussion summarizes the major characteristics of the available wave data that are considered in the main report and comments on their value to future studies of ship strength.

(i) Instrument Wave Data

- only intermittent and short-term coverage available

- do not contain information of wave direction (for the most part)

- essential for the validation of wind-wave prediction methods and for defining wave conditions during research programs

(ii) Ship Observations

- do not provide a sufficiently reliable or detailed description of the sea state

- statistical summaries are valuable for preliminary comparisons of wave climates of different areas

- not suitable for in-depth analyses of ship strength

(iii) Hindcast Wave Data

- most suitable form of wave data for studies of ship strength, provided discrete spectral models are used for predictions in the oceans

- wave prediction models must be verified by comparing with recorded wave data

- wave prediction models can provide many years of reliable wave data consistantly over all areas of interest depending on the accuracy of the wind data. The data can include directional wave spectra.

(iv) Remote Sensing

- remote sensing may provide useful data in the near future, for the verification of wave prediction models, in particular, for verification of directional spectra

- remote sensing may provide the most complete, reliable description of global real-time wave conditions, for use in real-time and prognastic wave forecasts to aid in ship routing

It is considered that a Canadian capability to predict wave conditions over the oceans using winds developed from surface pressure charts, must be developed. The prediction model should be of the discrete spectral type, capable of producing an accurate description of the directional wave spectrum. The predictions must be fully proven by comparing with recorded wave data.

The Marine Environmental Data Service, of Fisheries and Oceans Canada, also has an interest in developing a wave prediction capability and discussion should be had with them concerning a joint development program.

For the immediate requirement of defining the wave climate of the eastern seaboard of Canada and the United States, hindcast wave data that cover 20 years and were produced by the U.S. Navy SOWM model and the U.S. Army Corps of Engineers WIS model should be considered. The first step should be to substantiate the data by systematically comparing them with wave spectra recorded in Canadian and U.S. waters and carefully reviewing results of other comparisons that have been undertaken using recorded wave data.

The discrete, spectral hindcast models will produce directional multi-peaked spectra that are required for analysis of ship response. The SOWM results have been extensively used in recent years to calculate low and high frequency response of many types of ships to environment of the North Atlantic.

However, these hindcast models do not provide a complete description of the sea state. In particular, unique wave events that may cause excessive slamming and whipping stresses, cannot be predicted. To the

north east of Cape Hatteras, an area on the proposed Caribbean route, "freak waves" have been encountered that were produced by north-easterly waves interacting with the northerly flowing Gulf Stream. These conditions are reported to have caused the loss of the tanker Texaco Oklahoma in 1971 and the Bulk Carriers Anita and Norse Variant in 1971 and 1973. These "freak waves" cannot be defined by available prediction methods.

Ship Stress Calculations and Requirements for Wave Data

In order to adequately assess all aspects of the dynamic behaviour and structural response of a ship to waves, the following characteristics of describing the overall wave climatology of the area under consideration, must be defined:

i) Long-term wave statistics must be developed, including an understanding of long-term variations in spectral shape, probability levels of various sea states, joint distribution of wave height and wave period, frequency of occurrence of wave height and wave period, etc.

ii) Directional spectral climatology

iii) Understanding of wave steepness, wave grouping and the occurrence of "freak" waves in the study area

In addition, it is equally important to estimate as accurately as possible, the anticipated ship speed, ship heading and exposure time for each ship route considered.

Further investigation must be undertaken to determine the response of ships to directional spectra.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The following conclusions are drawn and recommendations are made with respect to the long-term objective of developing Canadian technology for assessing ship strength requirements and developing and applying regulations that ensure the safety of Canadian shipping:

1. Reliable and consistent wave data suitable for ship strength calculations and representative of shipping routes off the east coast of Canada and the United States, the Canadian Arctic and other routes used by Canadian ships, can only be obtained using wind-wave prediction procedures. The wind-wave prediction procedure must be able to adapt to the unique physical characteristics of each area where wave data are required (for example, procedures for Canadian Arctic may be different from those suitable for the east coast of Canada).

2. Procedures for predicting wave conditions should exist in Canada and should include the definition of over-water wind fields, the use of a discrete spectral model and the production of wave data in a format suitable for the many different users. The development and/or purchase of suitable procedures will be a major undertaking that should be supported by Government Departments other than Transport Canada. The availability of a Canadian procedure will be a major benefit to Fisheries and Oceans Canada, Public Works Canada, Canadian Oil and Gas Lands Administration, the Armed Forces (METOC centre), as well as private industry, in particular, the oil industry.

3. In the future, strength standards and regulations for ships and floating structures may be based on the calculation of the actual stress distribution in a ships structure resulting from interaction with a defined wave climate representative of the proposed route. Transport Canada should gain experience in the use of numerical procedures for calculating ship response to the directional wave spectra that will be provided by the wave prediction procedures. The procedures should include linear and non-linear dynamic stress analysis methods. A methodology for determining ship response to wave steepness and other parameters not directly defined by the wave prediction procedure, should be developed.

4. The assessment of the results of strength calculations produced by a defined wave climate and the development of standards and regulations is complex and involves discussion concerning acceptable levels of probability of failure. Assessment procedures must also consider the probability of extreme events being encountered by the ship, errors in design, errors in construction, faulty material and the methodology used for the design of the ship or floating structure. Transport Canada should develop and substantiate procedures to be used for Canadian regulations.

5. For the immediate consideration of the proposed route to Kingston, Jamaica, the approval of this route by the new vessels should be based on calculation of ship stresses produced in the vessel by defined sea states. The wave climate data required for these analyses should be defined using the results of the SOWM or WES 20-year wave hindcast.

6. The role of specific studies of individual ships instrumented to measure stress in the ships structure, should be carefully reviewed. Studies that involve a dedicated program of trials using an extensively instrumented ship and complete monitoring of the wave conditions incident on the ship will be essential in developing improved capabilities in ship design. However, field studies of limited scope may produce data that will have little use in the overall development plan, or in assessing the strength of the ship. It is recommended that field studies be part of carefully designed long-range studies.

Specific recommendations concerning the development of a Canadian capability for predicting the wave conditions on the oceans over long periods of time are as follows:

(i) An in-depth, state-of-the-art report on discrete wave hindcast models should be prepared as a first step in developing a Canadian capability in wave prediction. This report would have the objective of recommending either the purchase of an existing model or the development of a new model. This report may also include the results of items (ii) and (iii) below.

(ii) The results of the SOWM prediction model should be verified by comparing the results with available recorded wave data. This verification should include comparison of recorded and hindcast storm profiles defined by the signficant wave height and peak period, and a comparison of recorded and hindcast variance spectra.

(iii) The results of the revised WES wave prediction model should be verified for Canadian waters by comparing the results with available recorded wave data. The revised WES model was provided by Dr. Resio to MEDS in the spring of 1982, and includes as grid adjusted to suit the Canadian shoreline.

(iv) Research should be undertaken to derive statistically or artificially, using actual wave records for calibration and verifications, a description of wave characteristics unique to particular areas of interest including a description of wave steepness, and wave groupiness.

With regard to the development of procedures for calculating ship response to waves, the following recommendation is made:

- An in-depth report should be prepared on state-of-the-art methodologies for calculating ship response. This report will pay particular attention to the problem of dynamic loadings. The report should include a summary of existing expertise available around the world and a summary of programs available for purchase.

Library and Information Centre / Centre de Documentation (GSLA)
RECEIVED / REÇU LE
DEC 9 1983
Transport Canada / Transports Canada

Transports Canada
Développement

Transport Canada
Development

TP 3900F

MM

Étude documentaire d'un facteur climatique - le climat de vagues

Rapport sommaire

Préparé pour le
Centre de développement
des transports
Transports Canada

Août 1982

CA1
DTC 301
82
V11ZS
c.2

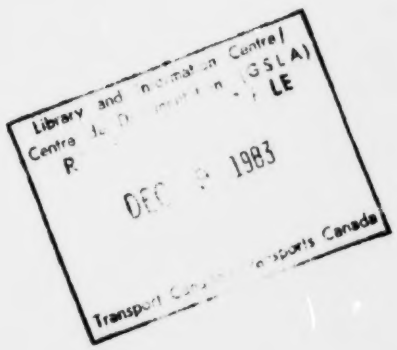
Canada

B&D
travaillons working
ensemble together
Canada

TP 3900F

ÉTUDE DOCUMENTARIE D'UN FACTEUR CLIMATIQUE - LE CLIMAT DE VAGUES

RAPPORT SOMMAIRE



RÉDIGÉ POUR
LE CENTRE DE DÉVELOPPEMENT DES TRANSPORTS
TRANSPORTS CANADA
MONTRÉAL

PAR

W.F. BAIRD, ING., ET K.R. HALL, ING.,
W.F. BAIRD & ASSOCIATES COASTAL ENGINEERS LTD.
OTTAWA

AOÛT 1982

Le contenu du présent rapport reflète l'opinion du contractant et non pas nécessairement les vues ou les politiques officielles du Centre de développement des transports.

AVANT-PROPOS

Transports Canada est responsable de l'élaboration et de la mise en application des normes et des règlements de résistance des navires et des structures flottantes canadiens. Afin de s'acquitter de cette responsabilité à mesure que des navires et des structures sont construits et des routes établies, Transports Canada améliore sa compétence de définition des normes et des règlements de résistance structurale des navires et des structures flottantes qui conviendront à l'environnement marin où évoluera le navire ou la structure.

La présente étude, première étape de l'élaboration d'une méthodologie pour déterminer la résistance d'un navire ou d'une structure dans un environnement défini, présente les données disponibles qui décrivent le vent et les vagues de vent des eaux canadiennes et adjacentes. Elle décrit la disponibilité des méthodes de prévision a posteriori des vagues de vent et présente des données a posteriori archivées. Elle recommande des formes de présentation des données sur les vagues et le vent, qui se prêtent aux analyses futures des réactions des navires et des structures flottantes aux vagues et au vent.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Dr. J.R. Wilson, du Service des données sur le milieu marin (SDMM) de Pêches et Océans Canada, pour les information qu'il leur a fournies, le personnel de Transports Canada à Ottawa, notamment MM. T.G.W. Brown et W. Scott, pour leur aide, anisi que M. E. Fisher, du Centre de développement des transports de Montréal, pour son soutien.

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP 3900F	4556	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Wave Climate Documentation Study	août 1982
	6. N° du rapport de l'organisme exécutant

7. Auteur(s)	8. N° de dossier Transports Canada
W.F. Baird, P. Eng et K.R. Hall, P. Eng	D 1460-140-2

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant	10. N° de dossier — ASC
W.F. Baird & Associates 1390 Prince of Wales Drive Suite 309 Ottawa, Ontario K2C 3N6	11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada 4556

12. Nom et adresse de l'organisme parrain	13. Genre de rapport et période visée
Centre de développement des transports 1000 o., rue Sherbrooke Suite 2421 Montréal, Québec H3A 2R3	Sommaire, mai-août 1982
	14. Code de l'organisme parrain

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
Sommaire de TP 3868 "Wave Climate Documentation Study"	E.T. Fisher

17. Résumé

Ce rapport résume l'étude du climat des vagues de vent, terminée en 1982. Cette étude comporte une description des données disponibles sur les facteurs climatiques que sont le vent et les vagues de vent dans les eaux canadiennes et dans quelques autres régions.

Le rapport contient également un résumé des données archivées analysées au cours de l'étude. Celles-ci comprennent des enregistrements aux instruments, des observations à partir de navires et des prévisions a posteriori sur les vagues, à partir des estimations de champ du vent au-dessus de l'eau.

En conclusion, le rapport indique que les données adéquates sur les vagues, nécessaires à l'évaluation de la résistance des navires par les autorités canadiennes, ne peuvent actuellement être obtenues qu'au moyen des techniques de prévision des vagues de vent. Les ressources canadiennes actuelles pour la prévision des vagues devraient être accrues afin que ces données soient disponibles à l'avenir, et des recommandations précises sont faites à cet égard.

Des recommandations sont également faites en ce qui a trait à l'élaboration et à l'application de méthodes d'évaluation de la réaction des navires aux vagues.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Vague Climat de vent Prévision des vagues Réaction des navires	Le CDT dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
Non-classifié	Non-classifiée	14	-

CDT TDC 79-005

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 3900F	4556	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Wave Climate Documentation Study	August 1982
	6. Performing Organization Report No.
7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
W.F. Baird, P. Eng and K.R. Hall, P. Eng	D 1460-140-2
9. Performing Organization Name and Address W.F. Baird & Associates 1390 Prince of Wales Drive Suite 309 Ottawa, Ontario K2C 3N6	10. DSS File No.
	11. DSS or Transport Canada Contract No. 4556
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre 1000 Sherbrooke St. W. Suite 2421 Montreal, Quebec H3A 2R3	13. Type of Report and Period Covered Summary, May-August 1982
	14. Sponsoring Agency Code
15. Supplementary Notes Summary of TP 3868 "Wave Climate Documentation Study"	16. TDC Project Officer E.T. Fisher

17. Abstract

The report summarizes the Wave Climate Documentation Study completed in 1982. This study provided a description of the available data describing the wind-generated wave climate and the wind climate of Canadian waters and other defined areas.

A summary of the archived data that were reviewed during the study is provided. These include instrument recordings, ship observations and the wave data hindcast using estimates of the over-water wind fields.

It is concluded that reliable and consistent wave data required for the assessment of ship strength by Canadian authorities can only be obtained, at present, using wind-wave prediction techniques. Existing Canadian capabilities for predicting wave data should be developed in order to provide these data in the future. Specific recommendations to assist in the development of an improved Canadian capability for predicting waves are presented.

Recommendations are also made concerning the development and implementation of procedures for assessing ship response to waves.

18. Key Words	19. Distribution Statement
Wave Wind Climate Wave Prediction, Forecasting Ship Response	Limited number of copies available from the sponsoring agency

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
unclassified	unclassified	14	-

TDC/CDT 79-005

RÉSUMÉ

Le présent rapport analytique présente, résume et analyse les conclusions de l'Étude documentaire d'un facteur climatique - le climat de vagues, TP 3868 (projet 4556 du C.D.T.) terminé en 1982 pour le Centre de développement des transports par W.F. Baird & Associates Coastal Engineers Ltd.

Le rapport principal, Étude documentaire d'un facteur climatique - le climat de vagues, TP 3836, rédigé pour le Centre de développement des transports, donne une description définitive des données disponibles qui décrivent les facteurs climatiques que sont le vent et les vagues de vent des eaux canadiennes et de quelques autres régions. Ces données comprennent des enregistrements aux instruments, des observations à partir de navires et les résultats de prévisions a posteriori des vagues de vent. Une importante bibliographie de rapports techniques décrivant ces données est présentée.

Les méthodes de prévision a posteriori des vagues de vent sont discutées, et les prévisions principales destinées à fournir des données pour l'Atlantique Nord-Ouest et l'Arctique, données.

Les méthodes de calcul des réactions des navires à l'action des vagues sont analysées, et les exigences des méthodes d'analyses en matière de données sur les vagues, résumées.

Des recommandations sont faites sur l'orientation des études nécessaires pour la mise en application des normes et des règlements de résistance des navires. Il est recommandé d'améliorer les ressources canadiennes pour la prévision a posteriori des vagues de concert avec d'autres ministères. Il est également recommandé que les normes et les règlements futurs relatifs à la résistance des navires et des structures flottantes soient fondés sur des calculs des contraintes produites par les charges de vagues sur un navire ou une structure flottante.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
ANALYSE	2
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	5

INTRODUCTION

Transports Canada est responsable de la mise en application de règlements concernant les normes de résistance des navires et d'autres structures flottantes. Afin de s'acquitter de cette responsabilité, des méthodes pour relier les climats de vagues et de vent d'un endroit donné aux exigences de résistance des navires qui traversent cet endroit, ou d'une structure flottante amarrée dans cette zone, sont continuellement élaborées et évaluées.

Par le passé, l'approbation d'une route donnée se fondait essentiellement sur le concept de "navire adéquat" pour un service de base, classe de navire qui avait montré sa capacité de résister à l'environnement d'une région donnée sans problèmes structuraux majeurs. L'approbation d'une nouvelle route pour un bateau existant se fondait sur une comparaison du climat de vagues de la nouvelle zone et celle de la zone où évoluait le navire.

Cette approche n'est pas valable pour les nouveaux navires ou structures flottantes pour lesquels un service de base n'a pas été établi. Les aptitudes de calcul de la réaction d'un navire à des charges de vagues quasi statiques et passagères se sont donc améliorées ces dernières années. Un succès considérable a été obtenu pour la définition de valeurs absolues de contraintes, et ces nouvelles méthodes sont aujourd'hui de plus en plus utilisées pour la conception, la classification et la réglementation des navires et sont utilisées exclusivement pour la conception des structures flottantes. On peut s'attendre qu'à l'avenir, les normes de résistance des navires soient fondées sur des calculs des valeurs absolues de contraintes résultant des charges statiques et dynamiques prévues pour un état de mer donné, et non pas sur des comparaisons relatives de climat de vagues ou de résistance des navires.

Cette étude n'est qu'une petite partie d'un plan à long terme pour élaborer une technologie canadienne propre à aider Transports Canada à évaluer les exigences de construction des navires pour un climat de vagues et de vent donné. Les résultats de cette évaluation joueront un rôle important dans la désignation et l'approbation des routes de navigation.

L'élaboration de la technologie requise comportera les activités suivantes:

- l'élaboration d'une aptitude à fournir une description détaillée du climat de vagues d'une région donnée;

- l'utilisation de méthodes numériques pour le calcul de la réaction d'un navire à un environnement de vagues et et de vent défini;

- l'élaboration d'une aptitude d'évaluation des résultats des calculs des réactions des navires et de mises en application des règlements pour la sécurité des navires.

Des études spécifiques au site des vagues et des réactions de navires ont déjà été faites par des contractants pour aider Transports Canada à la mise en application des normes de résistance et pour l'approbation des routes. Une étude récente du Centre de développement des transports, qui portait sur les différents climats de vagues du golfe Saint-Laurent et du lac Supérieur, a recommandé des accroissements variables des exigences de la résistance des cargos hors mer qui utilisent le golfe Saint-Laurent en fonction d'une saison de navigation prévue dans le golfe.

L'étude était fondée sur le concept de "navire adéquat" en service de base.

L'objectif de cette étude est de présenter les informations disponibles décrivant les climats de vagues et de vent dans les régions canadiennes et dans quelques autres régions. Ces données sont nécessaires à la mise en application d'une méthodologie générale pour relier l'environnement marin d'une région donnée aux normes de résistance des navires traversant cette région et des structures flottantes destinées à l'exploration et à l'exploitation des hydrocarbures.

L'étude traite de l'application des méthodes de prévision a posteriori des vagues de vent pour définir un climat de vent continu à long terme et de la présentation des données sur les vagues et le vent en une forme qui permette les calculs des réactions des navires.

Tout au long de cette étude, l'accent est mis sur les régions arctiques du Canada et une région au large de la côte est du Canada et des États-Unis qui s'étend jusqu'à Kingston, en Jamaique, en vue de la construction d'un vraquier pour le commerce avec les Caraibes.

ANALYSE

Données dur les vagues

Le paragraphe suivant résume les caractéristiques principales des données sur les vagues disponibles dont traite le rapport principal et les évalue en fonction d'études futures sur la résistance des navires.

(i) Enregistrements aux instruments

- seule une couverture discontinue et à court terme est disponible

- ne contient pas d'informations sur la direction des

vagues (dans la plupart des cas)

- essentiels à la validation des méthodes de prévision des vagues de vent et à la définition des conditions des vagues lors du programme de recherche

(ii) Observations à partir de navires

- ne donnent pas de description suffisamment sûre ou détaillée de l'état de la mer

- les résumés statistiques sont valables pour les comparaisons préliminaires des climats de vagues de différentes régions

- ne se prête pas aux analyses en profondeur de la résistance des navires

(iii) Prévisions a posteriori des vagues

- forme de données sur les vagues la plus adéquate pour les études de résistance des navires, pourvu que des modèles spectraux discrets soient utilisés pour les prévisions dans les océans

- les modèles de prévision des vagues permettront des prévisions sûres pendant plusieurs années sur toutes les régions d'intérêt si les données sur le vent sont adéquates. Les données peuvent comprendre les spectres directionnels des vagues

(iv) Télédétection

- la télédétection peut fournir des données utiles, dans un avenir prochain, pour la vérification des modèles de prévision des vagues et des spectres directionnels

- la télédétection peut fournir la description la plus complète et la plus sûre des conditions globales des vagues en temps réel pour utilisation dans des prévisions de vagues en temps réel en vue d'aider à l'assignation de routes.

Il est reconnu que l'aptitude canadienne à prévoir les conditions des vagues au-dessus des océans à partir des vents déterminés par les cartes de presssion en surface doit être améliorée. Le modèle de prévision devrait être de type spectral discret, capable de produire une description exacte du spectre directionnel des vagues. Les prévisions doivent être entièrement prouvées en les comparant avec les données sur les vagues enregistrées.

Le Service des données sur le milieu marin de Pêches et Océans Canada est également intéressé à élaborer une aptitude de prévisions des vagues, et un programme de mise au point conjoint devrait être considéré avec lui.

Pour les besoins immédiats de définition du climat des vagues du littoral est du Canada et des États-Unis, des prévisions a posteriori des vagues pour vingt ans, produites par le modèle SOWM de la U.S. Navy et le modèle WES du U.S. Army Corps of Engineers, devraient être considérées. Les premières étapes devraient être la justification des prévisions par comparaison systématique avec les spectres de vagues enregistrés dans les eaux canadiennes et américaines et par analyse minutieuse des résultats d'autres comparaisons faites avec les données de vagues enregistrées.

Les modèles a posteriori spectraux discrets produiront des spectres directionnels à sommets multiples nécessaires à l'analyse de la réaction du navire. Les résultats du SOWM ont été fort utilisés ces dernières années pour calculer les réactions de faible et de forte fréquence de plusieurs types de navires à l'environnement de l'Atlantique Nord.

Cependant, ces modèles a posteriori ne permettent pas une description complète de l'état de la mer. En particulier, les événements de vagues uniques, qui peuvent produire des contraintes excessives de claquement et de fouettement, ne peuvent être prévus.

Au nord-est du cap Hatteras, zone de la route prévue des Caraibes, des "vagues insolites", produites par des vagues du nord-est rencontrant l'écoulement vers le nord du Gulf Stream, ont été observées. Ces conditions auraient causé la perte du pétrolier Texaco Oklahoma en 1971 et des vraquiers Anita et Norse Variant en 1971 et 1973. Ces "vagues insolites" ne peuvent être définies par les méthodes de prévision disponibles.

Calculs des contraintes des navires et données sur les vagues exigées

Afin de bien évaluer tous les aspects du comportement dynamique et de la réponse de la structure de navires aux vagues, les caractéristiques suivantes de description de la climatologie globale des vagues d'une région doivent être déterminées:

(i) Il faut élaborer des statistiques à long terme sur les vagues et savoir interpréter les variations à long terme de la forme spectrale, des niveaux de probabilité des divers états de mer, de la distribution groupée de la hauteur et de la période des vagues, de la fréquence d'apparition de la hauteur et de la période des vagues, etc.

(ii) Climatologie des spectres directionnels

(iii) La compréhension de la pente des vagues, du recoupement des vagues et de l'apparition de "vagues insolites" dans la région à l'étude

En plus, il est également important d'évaluer aussi précisément que possible la vitesse, le cap et le temps d'exposition des navires prévus pour chaque route considérée.

D'autres études doivent être entreprises pour déterminer la réaction des navires aux spectres directionnels.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les conclusions suivantes sont faites et les recommandations apportées relativement aux objectifs à long terme de l'amélioration de la technologie canadienne pour l'évaluation des exigences de résistance des navires et l'élaboration et la mise en application de règlements qui assurent la sécurité de la navigation canadienne:

1. Des données sûres et continues sur les vagues , qui facilitent les calculs de résistance des navires et représentatives des routes de navigation au large de la côte est du Canada et des États-Unis, de l'Arctique canadien et d'autres routes utilisées par les navires canadiens ne peuvent être obtenues qu'à partir de méthodes de prévision des vagues de vent. Les méthodes de prévision des vagues de vent doivent pouvoir s'adapter aux caractéristiques physiques uniques de chaque région où les données de vagues sont nécessaires (par exemple, les méthodes pour l'Arctique canadien peuvent être différentes de celles qui sont appropriées à la côte est du Canada).

2. Des méthodes de prévision des conditions de vagues devraient exister au Canada et comporter la définition des champs de vent au-dessus de l'eau, l'utilisation d'un modèle spectral discret et la présentation des données de vagues en une forme appropriée aux différents utilisateurs. L'élaboration et/ou l'achat de méthodes adéquates, entreprise importante, devrait être appuyée par des ministères autres que Transports Canada. La disponibilité d'une méthode canadienne sera très utile à Pêches et Océans Canada, à Travaux publics Canada, à l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, aux forces armées (Centre météorologique et océanographique) ainsi qu'à l'industrie privée, notamment l'industrie pétrolière.

3. A l'avenir, les normes et les règlements de résistance des navires et des structures flottantes pourront se fonder sur les calculs de la distribution actuelle des contraintes dans la structure d'un navire résultant d'un climat de vagues défini représentatif de la route proposée. Transports Canada devrait accroître son expérience de l'utilisation des méthodes numériques pour le calcul de la réaction des navires aux spectres directionnels des vagues qui sera obtenu par les

méthodes de prévision des vagues. Ces méthodes devraient comporter des analyses des contraintes dynamiques linéaires et non linéaires. Il faudrait élaborer une méthodologie pour déterminer la réaction d'un navire à la pente des vagues et à d'autres paramètres qui ne sont pas définis directement grâce à la méthode de prévision des vagues.

4. L'évaluation des résultats des calculs de résistance produits par un climat de vagues donné et l'élaboration des normes et des règlements sont complexes et impliquent des discussions à propos des niveaux acceptables de probabilité d'échec. Les méthodes d'évaluation doivent également prendre en compte la probabilité d'événements extrêmes touchant le navire, des erreurs de conception, des erreurs de construction, des matériaux défectueux et la méthodologie utilisée pour la conception du navire ou de la structure flottante. Transports Canada devrait élaborer et justifier les méthodes qui seront utilisées pour les règlements canadiens.

5. Afin que la route proposée vers Kingston, en Jamaique, soit dès maintenant envisagée, l'approbation de cette route pour les nouveaux navires devrait se fonder sur le calcul des contraintes produites par des états de mer définis sur le navire. Les données sur le climat de vagues nécessaires à ces analyses devraient être définies en utilisant les résultats des vagues a posteriori des 20 dernières années du SOWM ou du WES.

6. Le rôle d'études spécifiques de navires individuels munis d'instruments de mesure de la contrainte dans la structure du navire devrait être évalué avec soin. Des études où intervient un programme consacré à des essais à partie d'un navire muni de nombreux appareils et une surveillance totale des incidents des conditions des vagues sur le navire seront essentielles à l'élaboration de meilleures ressources par la conception des navires. Cependant, les études sur le terrain à portée limitée peuvent produire des données qui n'auront que peu d'utilisation dans le plan global d'amélioration ou dans l'évaluation de la résistance des navires. Il est recommandé que les études sur le terrain fassent partie d'études à plus longue portée bien conçues.

Les recommandations précises concernant l'élaboration de ressources canadiennes pour la prévision des conditions de vagues sur les océans pour une longue période sont les suivantes:

(i) Un rapport détaillé de l'état des connaissances sur les modèles discrets a posteriori des vagues devrait être d'abord rédigé. Son objectif serait de recommander soit l'achat d'un modèle existant soit l'élaboration d'un nouveau modèle. Il pourrait comporter également les résultats des points (ii) et (iii) ci-dessous.

(ii) Les résultats du modèle de prévision du SOWM devraient être

vérifiés en comparant les résultats avec les données sur les vagues enregistrées disponibles. Cette vérification devrait comporter une comparaison des profils de tempête a posteriori et enregistrés d'après la hauteur des vagues et la période maximale significatives, et une comparaison du spectre de variance des données a posteriori et des données enregistrées.

(iii) Les résultats du modèle révisé de prévision des vagues WES devraient être vérifiés dans le cas des eaux canadiennes en comparant les résultats aven les données sur les vagues enregistrées disponibles. Le modèle révisé WES a été fourni par le docteur Resio au SDMM au printemps 1982 et comporte une grille ajustée pour convenir au rivage canadien.

(iv) Des recherches devraient être entreprises pour dériver statistiquement ou artificiellement, à partir des données actuelles de vagues pour la calibration et les vérifications, une description des caractéristiques des vagues uniques dans les zones d'intérêt particulier comportant une description de la pente et du regroupement des vagues.

Pour l'élaboration de méthodes de calcul des réactions d'un navire aux vagues, la recommandation suivante est faite:

- Rédiger un rapport détaillé sur les méthodologies disponibles pour calculer la réaction des navires. Ce rapport s'intéressera particulièrement au problème de charges dynamiques et devrait comporter un résumé des ressources existant dans le monde entier ainsi qu'un résumé des programmes offerts.